

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CÂMPUS DE BOTUCATU

**PREDIÇÃO DA COMPOSIÇÃO FÍSICA DA CARÇA DE BUBALINOS A PARTIR
DE MEDIDAS BIOMÉTRICAS *IN VIVO* E *POST MORTEM***

FELIPE DE BARROS

Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-graduação em Zootecnia como
parte das exigências para obtenção do
título de Mestre.

**PREDIÇÃO DA COMPOSIÇÃO FÍSICA DA CARÇA DE BUBALINOS A PARTIR
DE MEDIDAS BIOMÉTRICAS *IN VIVO* E *POST MORTEM*.**

FELIPE DE BARROS

Médico Veterinário

Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-graduação em Zootecnia como
parte das exigências para obtenção do
título de Mestre

Orientador: Prof. Dr. André Mendes Jorge
Co-Orientador: Dr. André Michel de Castilhos
Co-Orientadora: Dra. Caroline de Lima Francisco

Botucatu - SP

B277p

Barros, Felipe de

Predição da composição física da carcaça de bubalinos a partir de medidas biométricas in vivo e post mortem / Felipe de Barros. -- Botucatu, 2019
50 p. : il., tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu

Orientador: André Mendes Jorge

Coorientador: André Michel de Castilhos; Caroline de Lima Francisco

1. Composição física. 2. Jafarabadi. 3. Murrah. 4. Mediterrâneo. 5.
Zootecnia de precisão. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

BIOGRAFIA

Felipe de Barros, filho de Ednilson Cássio de Barros e Terezinha Esmençelatos dos Santos Barros, nasceu em 16 de novembro de 1990, na cidade de Vinhedo, Estado de São Paulo.

Em 2009, iniciou o Técnico em agropecuária, pela ETEC Benedito Storani, Jundiaí, Estado de São Paulo, concluindo-o no ano de 2010.

Em 2013, iniciou o Curso de Graduação em Medicina Veterinária, pela Universidade de Marília, Estado de São Paulo – Brasil, concluindo-o no ano de 2017.

Em agosto de 2017, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, nível de Mestrado, área de Produção Animal, na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia - FMVZ - Botucatu, Estado de São Paulo- Brasil.

Dedicatória

À minha família, minha esposa, Julianna Santos Batistioli e minha filha Catarina Batistioli de Barros, pelo apoio, ajuda constante e amor incondicional.

Agradecimentos

A Deus por tudo que há e por tudo que sou, por me dar força a cada dia e fazer com que siga não importando as circunstâncias.

Aos meus pais Ednilson Cássio de Barros e Terezinha Esmençelatos dos Santos Barros, por todo carinho, conselhos e ajuda.

À minha esposa Julianna Santos Batistioli e minha filha Catarina Batistioli de Barros, pelo carinho, amor, paciência, e por toda ajuda.

Ao Professor André Mendes Jorge pela oportunidade, amizade, apoio e orientação no processo de aprendizado na Pós-Graduação.

À Dra. Caroline de Lima Francisco e ao Dr. André Michel de Castilhos pelos ensinamentos e ajuda constante no desenvolvimento, escrita e esclarecimento de dúvidas a respeito do projeto.

À Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" pela oportunidade de mestrado.

Aos companheiros do grupo de Pesquisa UNESP - Botucatu - Búfalos, do Centro de Pesquisas Tropicais em Bubalinos, aos funcionários Arivaldo Inácio Primo Júnior (Dinho), Wilson Bueno de Oliveira (Lipe) e Amarildo dos Santos Vieira (Liu), e aos estagiários pela ajuda no decorrer do projeto.

Ao Professor Dr. Paulo Roberto de Lima Meirelles pelos ensinamentos, apoio e ajuda no Laboratório de Bromatologia da FMVZ - UNESP, e a todos que diretamente ou indiretamente fizeram com que esse trabalho fosse realizado.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo pelo apoio financeiro (Projeto Temático # 2014/05473-7) para execução do projeto e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela bolsa de Mestrado concedida (Processo CAPES # 88882.330154/2019-01) - Código de Financiamento 001.

PREDIÇÃO DA COMPOSIÇÃO FÍSICA DA CARÇAÇA DE BUBALINOS A PARTIR DE MEDIDAS BIOMÉTRICAS *IN VIVO* E *POST MORTEM*

Resumo: Atualmente, o rebanho mundial de bubalinos tem mais de 200 milhões de cabeça. O Brasil, maior produtor das Américas, conta com um rebanho de aproximadamente 1,4 milhões de bubalinos. Métodos que podem estimar a composição física da carcaça ou do corpo sem danificar toda a carcaça são importantes porque economizam tempo, trabalho e custos. Medidas corporais têm sido utilizadas para avaliar o desempenho de raças e caracterizar vários tipos de ruminantes. Objetivou-se com esse estudo avaliar os componentes físicos da carcaça de bubalinos por meio de equações de predição, utilizando como variáveis independentes medidas biométricas realizadas na fazenda, características de carcaça coletadas no frigorífico e o conjunto de ambas. Foram utilizados 75 machos não castrados (25 de cada raça: Jafarabadi, Mediterrânea e Murrah), com peso vivo e idade média de 314 ± 117 kg e 390 ± 58 dias, respectivamente. Os animais foram confinados em baias coletivas e alimentados de forma *ad libitum* durante 240 dias (28 dias de adaptação e 212 dias de coleta de dados). No início e ao término do experimento foram realizadas avaliações de ultrassonografia (AOL, EGS e EGG) e a cada 28 dias pesagens, determinação da altura da garupa (AG) e escore de condição corporal (ECC). As equações para estimar a composição física da carcaça foram desenvolvidas pelo método de regressão passo a passo (stepwise). As variáveis independentes usadas no desenvolvimento da equação de predição foram: medidas de ultrassom (AOL, EGS e EGP), medidas corporais (PV, AG e ECC) e medidas nas carcaças (comprimento, profundidade e compacidade). As equações foram selecionadas considerando o coeficiente de determinação do modelo (R^2), o erro-padrão de predição (EPP), e a estatística $C_p = \left(\frac{SQR}{\hat{\sigma}^2} + 2p - n \right)$, em que SQR é a soma de quadrados de resíduo, $\hat{\sigma}^2$ é a variância residual, p é o número de parâmetros do modelo, incluindo o intercepto, e n é o número de registros. As equações para prever a composição física da carcaça, utilizando medidas biométricas *in vivo* apresentaram altos coeficientes de determinação de 0,80, 0,67 e 0,83, para tecido muscular, adiposo e ósseo, respectivamente. Foram observados coeficientes de determinação de 0,90 para músculo, 0,70 para gordura e 0,84 para osso, utilizando as variáveis independentes coletadas na carcaça *post mortem*. Coeficientes de determinação altos e positivos também foram observados nas equações de predição, quando utilizamos o conjunto de dados obtidos *in vivo* e *post mortem*, porém foi necessário um número maior de variáveis independentes, quando comparados aos dados coletados apenas *in vivo*. Pode-se concluir que, as equações de predição obtidas a partir de modelos, tanto *in vivo* como *post mortem*, apresentam alta força preditiva e são suficientemente acuradas para serem utilizadas na estimativa dos componentes físicos da carcaça e do corpo vazio de bubalinos.

Palavras chave: Composição física, Jafarabadi, Murrah, Mediterrâneo, Zootecnia de precisão.

PREDICTION OF THE PHYSICAL COMPOSITION OF THE HOUSING FROM BIOMETRIC MEASURES IN VIVO AND IN THE HOUSING OF BUBALINS.

Abstract: Currently, the world herd of buffaloes has more than 200 million head. Brazil, the largest producer in the Americas, has a herd of approximately 1.4 million buffaloes. Methods that can estimate the physical composition of the carcass or body without damaging the entire carcass are important because they save time, work and costs. Body measurements have been used to evaluate breeds performance and characterize various types of ruminants. The objective of this study was to evaluate the physical components of the carcass by means of prediction equations, using as independent variables biometric measurements performed on the farm, carcass characteristics collected in the refrigerator and the set of both, in buffaloes. Seventy-five uncastrated males (25 of each race: Jafarabadi, Mediterranean and Murrah) were used, with weight and average age of 314 ± 117 kg and 390 ± 58 days, respectively. The animals were confined in collective bays and fed ad libitum for 240 days (28 days of adaptation and 212 days of data collection). Ultrasonography (*longissimus* muscle area - LMA, 12th-rib fat thickness - BF and rump fat thickness - RMFT)) were performed at the beginning and at the end of the experiment, and at each 28-day weighing, determination of croup height (CH) and body condition score (BCS). The equations to estimate the physical composition of the carcass were developed by the stepwise regression method. The independent variables used in the development of the prediction equation were: ultrasound measurements (*longissimus* muscle area - LMA, 12th-rib fat thickness - BF and rump fat thickness - RMFT), body measurements (BW, CH and BCS) and measurements on the carcasses (length, depth and compactness). The equations were selected considering the coefficient of determination of the model (R^2), the standard error of prediction (SEP), and the statistic $C_p \left(\frac{SQR}{\delta^2} + 2p - n \right)$, where SQR is the sum of squares of residual, δ^2 is the residual variance, p is the number of model parameters, including the intercept, n is the number of records. The equations to predict the physical composition of the carcass, using *in vivo* biometric measurements presented high coefficients of determination of 0.80, 0.67 and 0.83, for muscle, adipose and bone tissue, respectively. Determination coefficients were 0.90 for muscle, 0.70 for fat and 0.84 for bone, using the independent variables collected in the post-mortem carcass. High and positive determination coefficients were also observed in the prediction equations when we used the data set obtained *in vivo* and post-mortem, but a larger number of independent variables were required when compared to the data collected only *in vivo*. We can conclude that the prediction equations obtained from models, both *in vivo* and post-mortem, have high predictive power and are sufficiently accurate to be used in estimating the physical components of the carcass and the empty body of buffaloes.

Keywords: Physical composition, Jafarabadi, Murrah, Mediterranean, Animal husbandry.

LISTA DE FIGURAS

Pág

CAPÍTULO 1

Figura 01.	Distribuição geográfica do rebanho bubalino brasileiro	16
Figura 02.	Produção estimada de bubalinos de 2007 a 2017	17
Figura 03	Curva de crescimento	19

LISTA DE TABELAS

	Pág.
Capitulo 2	
Tabela 01. Composição percentual dos ingredientes e características nutricionais da dieta.....	39
Tabela 02. Equações de regressão simples e múltipla para predição da composição física do corpo vazio, obtidos através de medidas biométricas <i>in vivo</i> coletadas na fazenda.....	42
Tabela 03. Equações de regressão simples e múltipla para predição da composição física do corpo vazio, obtidos através de dados coletados no frigorifico.....	44
Tabela 04. Equações de regressão simples e múltipla para predição da composição física do corpo vazio, obtidos através de dados obtidos <i>in vivo</i> no frigorifico.....	46

LISTA DE ABREVIATURAS

AG- Altura de garupa

AOAC - Association of Analytical Communities

AOL- Área de olho de lombo

CAPES- Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CompCar- Comprimento de carcaça

ECC- Escore de condição corporal

EE- Extrato etéreo

EGG- Espessura de gordura sobre o músculo Biceps femoris

EGS- Espessura de gordura subcutânea

EM - Energia metabolizável

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations

FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo

FDA- Fibra em detergente ácido

FDN- Fibra em detergente neutro

FDNCP- Fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína

FDNi - Fibra em detergente neutro indigestível

FMVZ - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia

GMD- Ganho médio diário

ICC- Índice de compacidade

MAPA- Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento

MM- Matéria mineral

MO - Matéria orgânica

MS- Matéria seca

MSi - Matéria seca indigestível

NRC - National Research Council

PB- Proteína bruta

PC- Peso Corporal

PCF- Peso de carcaça fria

PCQ- Peso de carcaça quente

PCVZ- Peso de corpo vazio

ProfCar- Profundidade de carcaça

PV- Peso vivo

PVJ- Peso vivo em jejum

RC- Rendimento de carcaça

SAS - Statistical Analysis System

UNESP - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”

SUMÁRIO	Página
CAPÍTULO 1	13
1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	14
2. REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 Situação da bubalinocultura de corte no Brasil	15
2.2 Crescimento e composição corporal	18
2.3 Maturidade e <i>frame size</i>	20
2.4 Estatística de Mallows	22
2.5 Métodos de avaliação da carcaça	22
3. REFERÊNCIAS.....	25
CAPÍTULO 2	31
Resumo	32
Abstract	34
1. INTRODUÇÃO	36
2. MATERIAL E MÉTODOS	37
2.1 Local, condições climáticas, animais, instalações e período experimental	37
2.2 Dieta	38
2.3 Metodologia de coleta de dados de ultrassom	39
2.4 Manejo e coleta de dados <i>in vivo</i>	40
2.5 Abate e coleta de dados <i>post mortem</i>	40
2.6 Análise estatística	41
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
3.1 Conclusão	46
4 REFERÊNCIAS	47
CAPÍTULO 3	50
IMPLICAÇÕES	51

CAPITULO 1

1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Atualmente, o rebanho mundial de bubalinos tem mais de 200 milhões de cabeça, sendo que os maiores rebanhos se encontram no continente asiático com aproximadamente 196 milhões de cabeças, no qual, somente a Índia possui mais de 113 milhões de animais. O Brasil, maior produtor das Américas, conta com um rebanho de aproximadamente 1,4 milhões de bubalinos (FAO, 2017).

Os bubalinos são considerados animais de triplo propósito (carne, leite e tração), porém, a carne desta espécie é tratada e comercializada, em boa parte do país, sem uma forma definida das suas características, deixando de existir estímulos para que o setor produtivo se aprimore para obter produtos adequados, que atendam as exigências do consumidor final (JORGE, 2005).

Outro fator determinante para o setor produtivo é a remuneração das carcaças que de mesma forma são precificadas com valor menor por @ em relação a bovina pela indústria frigorífica, sendo o menor rendimento de carcaça usadas como alegações da indústria para tal prática (MADELLA OLIVEIRA et al., 2005).

Desta forma a predição das características físicas da carcaça tem múltiplas aplicações, como: fornece oportunidade para os frigoríficos quantificarem carcaças com maiores rendimentos das partes comestíveis, podendo posteriormente utilizar esta quantificação para melhorar a remuneração por @ comercializada; permitir a predição de rendimentos dos cortes cárneos comerciais, bem como as proporções de tecido muscular, adiposo e ósseo, ajuda a avaliação de sistemas alternativos de produção ou dietas e programas de pesquisa, sem os custos associados a dissecações de carcaça (DE PAULA et al., 2013).

A determinação do peso corporal (PC) de um animal é necessária para calcular as necessidades alimentares, monitorar o crescimento, determinar a idade reprodutiva, ponderar a comercialização e estimar seu valor monetário (CONROY et al., 2010; McGEEET et al., 2014). O desenvolvimento ponderal desta espécie representa a capacidade de ganho de peso e da adaptação aos diversos fatores ambientais. O desenvolvimento do animal é melhor observado quando, além do peso vivo, são incluídos medidas morfométricas, como altura de cernelha, comprimento corporal, altura de garupa, entre outras medidas que avaliam o fenótipo, como desenvolvimento

dos tecidos musculares, ósseo e adiposo, representando uma característica marcante na seleção dos animais (SOARES; DRYDEN, 2011).

Métodos que podem estimar a composição física da carcaça ou do corpo sem danificar toda a carcaça são importantes porque economizam tempo, trabalho e custos. As medidas morfométricas permitem estimar o peso corporal e as características físicas do animal com razoável precisão. Porém, estas abordagens são propensas a erros na localização de pontos de referência e podem ser influenciadas pela distorção anatômica causada pelo movimento dos animais (SOWANDE; SOBOLA, 2008). No entanto, medidas corporais têm sido utilizadas para avaliar o desempenho de raças e caracterizar vários tipos de ruminantes (TARIQ et al., 2013). Soares e Dryden (2011) relatam que a circunferência torácica e escores de condição corporal podem ser usados com grande precisão para estimar o PC de bovinos Bali, e para bubalinos também há relatos de alta correlação entre o PC, circunferência torácica, comprimento corporal, bem como o escore de condição corporal (TARIQ et al., 2013).

A busca por conhecimentos das características físicas da carcaça animal que se correlacionam com a produção de carne bubalina por meio de mensurações *in vivo* e na carcaça, contribuirão para melhoria e ampliação de novos mercados, padronização dos produtos e aumento da rentabilidade dos produtores. Assim, os sistemas de avaliação que priorizem a eficácia e praticidade tornam-se indispensáveis para o cenário atual.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Situação da Bubalinocultura de corte no Brasil

A pecuária de corte participa significativamente na formação do produto interno bruto, sendo um dos setores mais importantes do agronegócio na economia brasileira, ocupando vasta área do território nacional, em 2017 gerou US\$ 82 bilhões e foi responsável por 90,6 milhões de empregos (CEPEA, 2018). Porém, diversos setores da indústria e do comércio de carnes operam ainda por meio de sistemas desatualizados e com métodos arcaicos (JORGE, 2005) e, para a bubalinocultura de corte, não é diferente.

Os bubalinos chegaram ao país no fim do século XIX, oriundos da Europa, do Caribe e da Ásia, e foram instalados inicialmente na região Norte, na Ilha de Marajó (estado do Pará). Expandiram-se por toda a região do país. Despertaram inicialmente interesse muito mais pelo seu exotismo que por suas qualidades zootécnicas

(BERNARDES, 2007). Quanto sua distribuição nacional, os bubalinos encontram-se em todo território brasileiro (Figura 01).

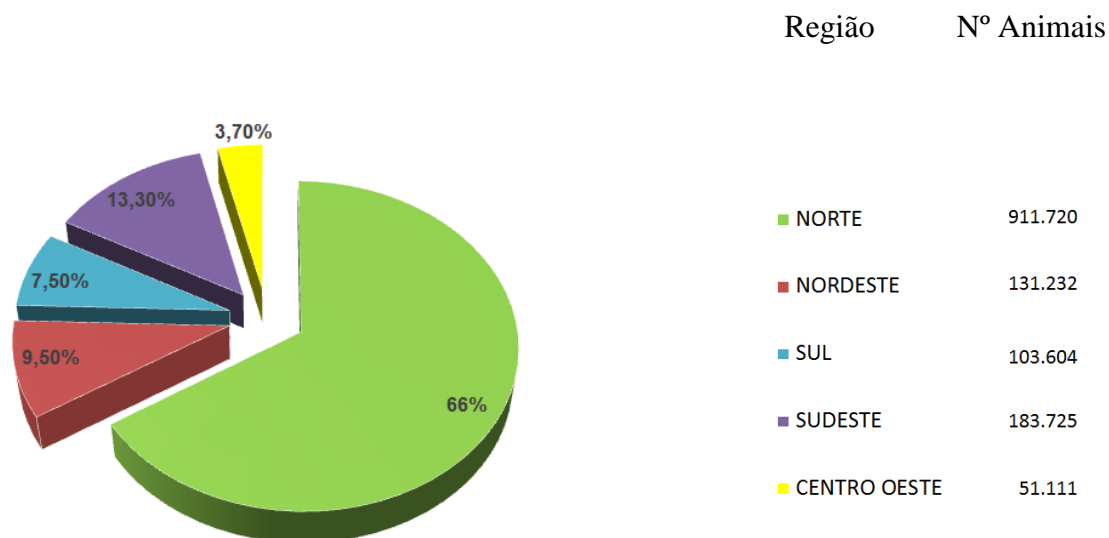


Figura 01: Distribuição geográfica do rebanho bubalino brasileiro. FAOSTAT, 2017 (Maio 21, 2019).

Em nosso país, há basicamente quatro raças bubalinas, as quais são divididas em dois grupos: os búfalos de rio e os búfalos do pântano. Os búfalos de rio estão representados pelas raças: Jafarabadi, Murrah e Mediterrâneo, sendo consideradas raças com aptidão para leite e carne; e o grupo de búfalo do pântano sendo representado pelo Carabao, animal destinado ao corte e como força de tração.

Segundo a Associação Brasileira de Criadores de Bubalinos (ABCB), os animais da raça Mediterrânea foram os primeiros a serem introduzidos no Brasil, em 1895, provenientes da Itália por meio do criador Vicente Chermont de Miranda.

O crescimento do rebanho bubalino no Brasil vem aumentando exponencialmente nos últimos anos, como demonstra a Figura 02.

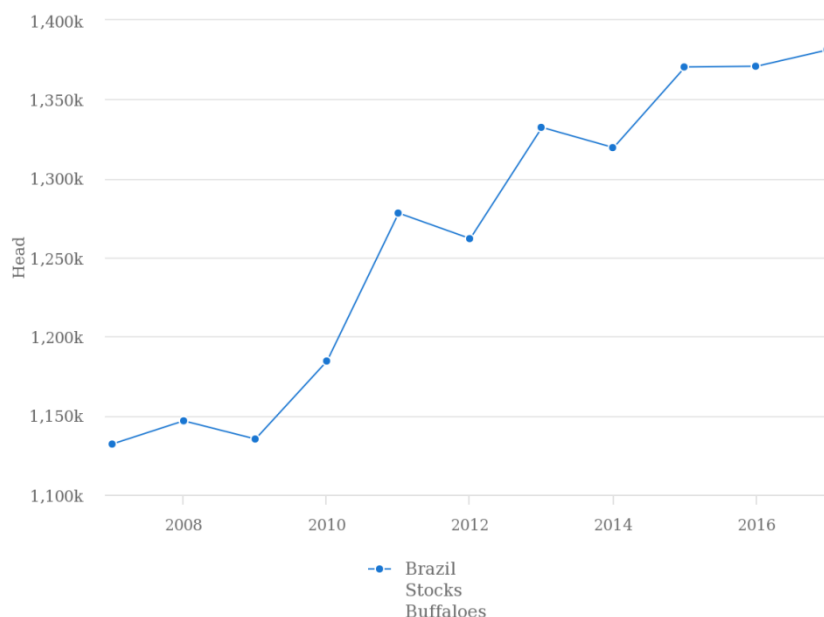


Figura 02: Produção estimada de bubalinos de 2007 a 2017.
FAOSTAT, 2017 (Maio 21, 2019).

A produção mundial de carne dessa espécie é de aproximadamente 3.838,647 toneladas, sendo que somente o continente asiático produziu mais de 90% da carne bubalina, com ênfase para Índia que produz quase 50% (1.635,153 de toneladas) de toda produção mundial (FAO, 2017). Já no ocidente, o Brasil figura como primeiro produtor de carne bubalina, abatendo mais de 15 mil animais (FAO, 2017). E, dada sua extensão territorial, aliada às condições favoráveis de clima e de solo, o Brasil tem tudo para ostentar, a médio e longo prazo, a posição de maior produtor mundial de bubalinos (JORGE, 2005).

No entanto os consumidores associam a carne bubalina às características de baixa qualidade em razão da carne ter sido oriunda, durante muitos anos, de animais abatidos com idade avançadas (ANDRIGHETTO et al., 2008), principalmente, fêmeas descarte da produção de leite ou de animais utilizados para tração. Atualmente, a bubalinocultura voltada à produção de carne abate animais jovens, produzindo carne de excelente qualidade.

Apesar de todo aumento expressivo da cadeia produtiva da bubalinocultura citado, é verídica a ausência de estudos com bubalinos em condições tropicais que sirvam como referências para elaboração de planos nutricionais que possam maximizar cada fase da produção e, para isso, são necessárias pesquisas iniciais que elucidem o crescimento e a composição corporal da espécie.

Assim o conhecimento da curva de crescimento desta espécie em suas diferentes fases, bem como, o comportamento da deposição dos tecidos ósseo, muscular e adiposo em cada fase, nos diferentes grupos genéticos, sistemas de criação e sexo permitirão compreender as variações no desempenho, exigências nutricionais, rendimentos de carcaças e dos cortes comerciais, entre outros.

2.2 Crescimento e composição corporal

O processo de crescimento de um organismo pode ser visto, de forma geral, como uma resposta completa à interação entre os processos de catabolismo e anabolismo, sujeitos às influências do meio, às características genéticas do indivíduo e à interação genótipo-ambiente (TRENKLE; MARPLE, 1983).

O crescimento e desenvolvimento dos ruminantes são discutidos e revisados há anos, sendo apresentados em textos clássicos e artigos mais recentes. Vários autores pesquisaram a composição e acreção tecidual, se podem ser controlados por ordem cronológica (em relação à condição sexual, tamanho a maturidade), o consumo de energia, estado hormonal, número e tamanho de células (BRODY, 1964; FERNANDES et al., 2005; ANZAI et al., 2017).

Durante o crescimento animal, além do aumento do peso e do tamanho, ocorrem alterações nas proporções com que os tecidos são depositados na carcaça dos animais. Essa proporção de deposição dos tecidos é influenciada por raça, sexo, ambiência e protocolo nutricional (CASTILLO ESTRADA, 1996).

Jorge et al. (1998) discorreram que a proporção e a velocidade com que os tecidos se acumulam no corpo influenciam o ganho de peso vivo e a eficiência alimentar. Signoretti et al. (1999) definiram como ponto crucial o conhecimento das possibilidades de manipulação do crescimento, quais os tecidos e os componentes químicos envolvidos e qual proporção desses pode ser manipulada pela nutrição.

Durante a vida do animal e com uma sequência de pesagens em suas diferentes idades é possível visualizar a relação entre o peso corporal e a idade, estabelecendo de modo empírico a curva de crescimento do indivíduo. Denominada de curva sigmoide (Figura 3), devido ao seu comportamento, ela combina o crescimento de todos os tecidos e órgãos do animal e que apresenta várias fases, sendo as mais importantes a pré-puberal e a pós-puberal (OWENS et al., 1993).

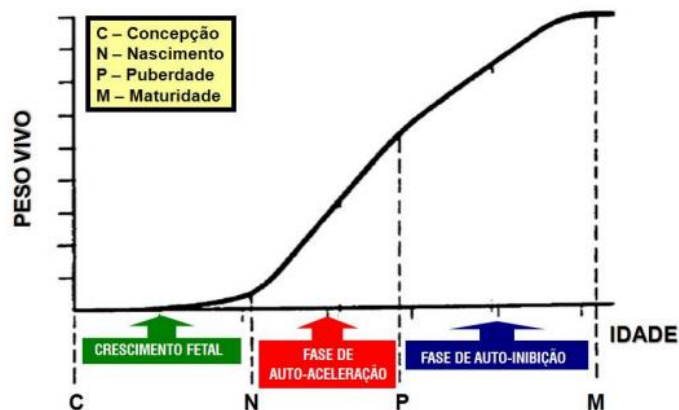


Figura 03: Curva de crescimento

Fonte: Modificado de Owens et al. (1993)

Owens et al (1993) relatam que o crescimento é definido como a produção de novas células (hiperplasia) em conjunto com um aumento da massa (hipertrofia) e incorporação de componentes específicos do ambiente. Por definição, o crescimento inclui a deposição de gordura, embora a massa muscular seja de interesse primordial na pecuária de corte.

Os tecidos musculares e nervosos são considerados mitoticamente estáticos, pois suas células são tão diferenciadas e especializadas que nos estágios iniciais de seu desenvolvimento abandonaram a capacidade de se dividir. Tais células são caracterizadas pela sua longevidade e não apresentam zonas de crescimento, entre outras diferenças distintas relacionadas à atividade fisiológica, composição e estrutura (LAWRENCE et al., 2012).

A maioria dos mamíferos apresenta de 40 a 50% do PC composto por músculos, independentemente da espécie ou sexo (BUTTERY, 1981). A massa muscular é um importante item produtivo em animais domésticos e como ela é determinada pelo balanço entre a síntese e a degradação de proteína muscular, tornou-se necessário desenvolver procedimentos quantitativos para o estudo do seu metabolismo em diferentes condições fisiológicas (GOPINATH; KITTS, 1984).

A eficiência do crescimento de animais de corte depende basicamente de duas características, a taxa de ganho e a composição química dos tecidos depositados. Quanto maior a taxa de ganho, maior a eficiência de conversão, em função da diluição da exigência de manutenção, que pode variar em função do peso, raça, sexo, idade, fatores edafoclimáticas, estado fisiológico e nutrição prévia (NRC, 1996).

O aumento do crescimento corpóreo e a diminuição do consumo de ração são as principais medidas de resultado de um programa de melhoramento genético cujo objetivo é melhorar a eficiência alimentar e manter o padrão de qualidade da carcaça usando características descritas para este fim como critérios de seleção (GRION et al., 2014).

São imprescindíveis estudos e a compreensão do crescimento dos animais de produção, visto que a forma como estes animais são produzidos se distancia cada vez mais da seleção natural, dadas as condições de manejo oferecidas e o emprego de biotecnologias na busca por maximizar a eficiência produtiva. Dessa forma, faz-se importante compreender a biologia do crescimento, a relação inextricável entre forma e função e as implicações para o futuro da pecuária (LAWRENCE et al., 2012).

2.3 Maturidade e *Frame size*

A estrutura corporal ou frame de um animal é caracterizado pelo PC associado ao grau de maturidade e ao sexo (CARTWRIGHT, 1979). Podendo ser representado por um conjunto de pontos estabelecidos na sua estrutura corpórea e idade que mudam gradualmente com a idade até que o animal atinja a maturidade, num processo longitudinal típico (ARANGO et al., 2002).

O crescimento e características de composição de carcaça diferem entre as raças, sexo, maturidade fisiológica, programa nutricional e ambiência. Conforme o animal amadurece, há um aumento na proporção de músculo: osso, seguido por uma desaceleração na síntese muscular e um aumento na relação entre gordura: músculo (LAWRIE, 1998).

O tamanho corporal pode apresentar vantagens biológicas importantes quanto aos aspectos relacionados à adaptação, resistência e sistema de exploração, sendo, no entanto, difícil estabelecer o tipo morfofisiológico ideal para todos os animais nos diferentes meios de produção (KLOSTERMAN, 1972; FITZHUGH, 1978).

As mensurações corporais lineares (altura e comprimento) são mais precisas na determinação do tamanho à maturidade do que o peso, uma vez que esse e a gordura subcutânea podem apresentar flutuações periódicas em função do estado nutricional (PANI et al., 1981; NORTH CUTT et al., 1992). Cole et al. (1962) mencionam que pode ocorrer erros ao comparar animais de frame grande (animais tardios) com animais de

frame menor (animais precoces), com PC similar, pois, os animais tardios apresentarão quantidade de tecido adiposo inferior aos animais precoces.

Contudo, Carstens e Johnson (1991) ponderam que o plano nutricional é um dos fatores mais importantes que afetam a composição corporal e o desenvolvimento do crescimento. Butterfield e Berg (1966) relatam os efeitos de diferentes planos nutricionais em bezerros nas primeiras 22 semanas de vida pós-natal e o crescimento relativo de músculos; os dados deste estudo indicaram que uma inadequada nutrição na fase inicial de vida pós-natal afetou a distribuição de peso muscular e resultou em perda de peso corporal. *Ibidem*, durante esta fase da vida que os efeitos da nutrição sobre crescimento muscular são mais aparentes.

Entretanto, a estrutura corporal à idade adulta é descrita de forma mais adequada por características que esporadicamente apresentam crescimento negativo, como o caso da altura, sendo inadequado o uso de características ponderais que sofrem grandes influencia de fatores ambientais (FITZHUG; TAYLOR, 1971). Vargas et al. (2000) discorrem que metodologias que incluem o peso e a altura de garupa pode ser a melhor opção para avaliação do frame em animais de corte.

Segundo a Beef Improvement Federation (2010) a medida mais útil do tamanho do corpo é o peso em um determinado nível de adiposidade ou condição, o que também explica as diferenças na musculatura, o que seria uma deficiência do sistema de pontuação de frames. O Score de Frame é talvez mais útil como um preditor de pesos futuros no abate, na puberdade e na maturidade, e não como uma medida do tamanho do corpo.

A composição do ganho de peso em animais de frame grande, considerando um determinado peso vivo, consiste numa proporção maior de tecido muscular e ósseo e menor taxa de tecido adiposo em relação aos animais de frame menor. Sob o mesmo grau de acabamento, animais de frame grande serão mais pesados, com exigência de manutenção mais elevada, quando comparados com animais de frame mediano e pequenos, respectivamente (USDA, 2000).

Portanto, o tamanho de frame constitui uma ferramenta fundamental nos processos de tomada de decisão, na escolha do biotipo que melhor atenda as necessidades do produtor, de acordo com o tipo de sistema de produção implantado em sua propriedade, e que atenda as exigências do mercado consumidor quanto ao tipo de carcaça desejada.

2.4 Estatística de Mallows

Análises de regressão são técnicas estatística capazes de modelar e averiguar a relação entre variáveis, sendo um modelo com mais de uma variável regressora, chamado de regressão múltipla (MONTGOMERY; RUNGER, 2012). Faz-se necessário explorar as variáveis independentes para realizar estudos sobre a variável dependente, sendo algumas removidas seletivamente, com objetivo de reduzir seu número na aplicação do modelo, de forma que a construção do modelo possibilite a descrição, o controle e a predição adequada, com o mínimo de custos operacionais, selecionando modelos simples que cumprem sua função adequadamente (LEVINE et al., 2011).

Há alguns critérios quantitativos para selecionar um modelo adequado, como o coeficiente de determinação (R^2), o coeficiente de determinação ajustado (R^2_{ajustado}), o quadrado médio dos resíduos (QMR) e a estatística de Mallows (C_p) (LEVINE et al., 2011).

A estatística de Mallows (C_p) (MALLOWS, 1975; MALLOWS, 1995) é utilizada em modelos onde o valor da mesma seja pequeno e próximo de p (número de variáveis regressoras no modelo). Um valor baixo de C_p indica que o modelo é relativamente preciso e possui variância pequena na estimativa verdadeira dos coeficientes da regressão e na previsão de respostas futuras. Assim como, modelos com baixa capacidade preditiva e tendência, têm valor de C_p maior do que p (MONTGOMERY; RUNGER, 2012). Segundo Hair Júnior et al. (1998), a estatística C_p é delineada contra o número de parâmetros (p), ou seja, quanto mais próximo for C_p de p , menos tendenciosas são as estimativas dos parâmetros e melhor é o modelo.

2.5 Métodos de avaliação da carcaça

É fundamental a determinação dos componentes físico-químicos da carcaça, pois permite determinar se as carcaças produzidas apresentam elevada proporção de tecido muscular e adequada deposição de tecido adiposo, conforme as exigências do mercado consumidor (CARVALHO et al., 2003; VÉRAS et al., 2001), viabilizando estudos de crescimento animal, seja estimando curvas de deposição ou degradação de tecidos corporais, especialmente músculo (GERRITS et al., 1998) e tecido adiposo (SPRINKLE et al., 1998), seja comparando diferentes grupos genéticos em termos de características de carcaça e da carne (BIDNER et al., 2002) e possibilita avaliar o efeito do tipo de tratamento em que os animais estão sendo submetidos, averiguando seus impactos na carcaça (VAZ; RESTLE, 2003).

Técnicas não invasivas para determinação da composição corporal têm sido preferidas devido à praticidade, baixo custo, preserva a integridade física do animal (MARCONDES et al., 2012).

Algumas equações são utilizadas para estimar a composição da carcaça (HANKINS; HOWE, 1946; POWELL; HUFFMAN, 1973), enquanto outros predizem a composição do corpo todo (PANARETTO; TILL, 1963). Sendo que a maioria das equações usadas para estimar a composição física e química do corpo baseia-se na seção da 9ª a 11ª costelas (HANKINS; HOWE, 1946; VALADARES FILHO et al., 2006). No entanto, Marcondes et al. (2010) observaram melhorias significativas no ajuste dessas equações preditivas quando componentes não-carcaça foram adicionados como preditores.

Análises do rendimento de porção comestível com precisão podem estimular a produção de animais com características desejáveis para o frigorífico e para o consumidor, agregando valor ao produto final, podendo ser utilizado para bonificar o produtor (LUCHIARI FILHO, 1986).

A utilização de medidas corporais em animais vivos como preditores da composição corporal foi sugerido há tempos (BRODY, 1945; COOK et al., 1951; FISHER, 1975). A maioria dessas medidas lineares reflete principalmente no comprimento de ossos longos, os quais indicam a maneira em que a forma do corpo está mudando e são utilizados como preditores tanto do PC do animal, pois apresentam alta correlação (GOMES et al., 2016), quanto da composição corporal (LAWRENCE; FOWLER, 2002; FERNANDES et al., 2010).

Entre as variáveis morfométricas estudadas em bubalinos, a circunferência torácica foi mais correlacionada com PC, seguido por comprimento corpóreo (ABDELHADI; BABIKER, 2009). Estudo semelhante com bubalinos Nili-Ravi tiveram altas correlações com variáveis morfométricas incluindo perímetro torácico e comprimento do corpo, bem como escore de condição corporal (TARIQ et al., 2013).

O sistema de pontuação de condição corporal (ECC) é um método subjetivo para avaliar as reservas de gordura corporal dos animais, realizados particularmente sobre as proeminências ósseas, a partir de análise visual e tátil (ZULU et al., 2001), no qual fornece uma boa avaliação das reservas de gordura corporal minimizando a influência do *frame size* e conteúdo intestinal (ALAPATI et al., 2010), bem como, estão significativamente correlacionados com as reservas de gordura na carcaça (ALAPATI et

al., 2010) elucidando com moderada à alta proporção de variação (R^2 0,47 a 0,70) em rendimento de carne na carcaça (DRENNAN et al., 2008).

Apesar do peso vivo ser utilizado como um indicador da composição da carcaça, sendo que as porcentagens de tecido muscular e adiposo aumentam conforme há aumento de peso, animais com pesos semelhantes podem apresentar composição de carcaças diferentes (LUCHIARI FILHO, 1986). A densidade energética da dieta pode influenciar a síntese de músculo ou de gordura, alterando a composição da carcaça (OWEN et al., 2012), embora a síntese proteica possa continuar com taxas normais se a ingestão de proteína for adequada (ANDERSON et al., 1988). Além disso, a composição corporal também é afetada pela taxa de ganho de peso vazio e pela maturidade fisiológica do animal.

Boas correlações com os componentes físicos da carcaça são observadas utilizando medidas ultrassonográficas (PATHAK et al., 2011). A utilização de técnicas de imagem torna possível a predição do ponto ideal de abate dos animais por meio da avaliação da composição e desenvolvimento corporal, composição dos tecidos e o grau de acabamento, em busca de maior eficiência na produção de carne substituindo as formas convencionais de avaliação como a inspeção visual, palpação e o peso vivo no momento do abate (SILVA et al., 2005).

Segundo May (2000) o ultrassom pode ser utilizado para estimar o rendimento da porção comestível da carcaça bovina. Esses métodos podem, segundo o autor, ser fácil e rapidamente implementados para identificar e selecionar animais com rendimentos de porção comestível superiores.

Jorge et al. (2004) estudaram a utilização do ultrassom em tourinhos bubalinos Mediterrâneo para prever a retalhabilidade da carcaça (peso e rendimento da porção comestível) e obteve interessantes correlações entre a retalhabilidade e o peso vivo, peso de carcaça fria e medidas efetuadas por ultrassom.

Tendo em vista a escassez de trabalhos com predição da composição física de bubalinos, é imprescindível mais pesquisas sobre as características físicas da carcaça dessa espécie, com metodologias empíricas e não invasivas.

Dessa forma, hipotetizamos que as características físicas da carcaça de bubalinos podem ser mensuradas por meio de medidas corporais e de carcaça, bem como, o grupo genético e os diferentes graus de acabamento terá efeito sobre essas características.

O Capítulo 2, intitulado **Equações de predição para estimar a composição física da carcaça e do corpo vazio de bubalinos**, foi redigido de acordo com as

normas para publicação no periódico Meat Science. Objetivou-se com esse estudo avaliar os componentes físicos da carcaça por meio de equações de predição, utilizando como variáveis independentes medidas biométricas realizadas na fazenda, características de carcaça coletadas no frigorífico e o conjunto de ambas, em bubalinos de três grupos genéticos (Jafarabadi, Murrah e Mediterrâneo), em regime de confinamento.

3.REFERÊNCIAS

- ABDELHADI, O. M. A.; BABIKER, S. A. **Prediction of zebu cattle live weight using live animal measurements.** Livestock Research for Rural Development, v. 21, n. 8, p. 1-7, 2009.
- ALAPATI, A. et al. **Development of the body condition score system in Murrah buffaloes: validation through ultrasonic assessment of body fat reserves.** Journal of Veterinary Science, v. 11, n. 1, p. 1-8, 2010.
- ANDERSON, P. T. et al. **The effects of dietary crude protein level on rate, efficiency and composition of gain of growing beef bulls.** Journal of Animal Science, v. 66, n. 8, p. 1990-1996, 1988.
- ANDRIGHETTO, C. et al. **Características físico-químicas e sensoriais da carne de bubalinos Murrah abatidos em diferentes períodos de confinamento.** Revista Brasileira de Zootecnia, p. 2179-2184, 2008.
- ANZAI, H. et al. **Interspecific comparison of allometry between body weight and chest girth in domestic bovids.** Scientific Reports, v. 7, n. 1, p. 4817, 2017.
- BERNARDES, O. **Buffaloes breeding in Brasil: position and economic relevancy.** Revista Brasileira de Reprodução Animal, v. 31, p. 293-298, 2007.
- BIDNER, T. D. et al. **Influence of Brahman-derivative breeds and Angus on carcass traits, physical composition, and palatability.** Journal of Animal Science, v. 80, n. 8, p. 2126-2133, 2002.
- BONILHA, S. F. M. et al. **Chemical composition of whole body and carcass of Bos indicus and tropically adapted Bos taurus breeds.** Journal of Animal Science, v. 89, n. 9, p. 2859-2866, 2011.
- BRODY, S. **Bioenergetics and growth with special reference to the energetic efficiency complex in domestic animals.** Reinhold Public, New York, v. 403, 1945.
- BUTTERFIELD, R. M.; BERG, R. T. **A nutritional effect on relative growth of muscles.** In: Proc. Aust. Soc. Animal Prod.1966. p. 298-304.

BUTTERY, P. J. **Protein turnover in animals**. Tropical Animal Production, v. 6, n. 3, p. 3-11, 1981.

CARSTENS, G. E. et al. **Physical and chemical components of the empty body during compensatory growth in beef steers**. Journal of Animal Science, v. 69, n. 8, p. 3251-3264, 1991.

CARTWRIGHT, T. C. **Size as a component of beef production efficiency: cow-calf production**. Journal of Animal Science, v. 48, n. 4, p. 974-980, 1979.

CARVALHO, P. A. et al. **Predição da composição física e química da carcaça a partir da composição das diferentes regiões corporais de bezerros machos de origem leiteira até os 110 dias de vida**. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 32, n. 2, p. 1500-1507, 2003.

CASTILLO ESTRADA, L. H. et al. **Exigências nutricionais de bovinos não castrados em confinamento. 1. Conteúdo corporal e exigências líquidas de proteína e energia para ganho de peso**. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 26, n. 3, p. 575-583, 1997.

CEPEA, Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. **Mercado de trabalho do agronegócio brasileiro**. Piracicaba. 2018 Disponível em: <[https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Relatoriomercadodetrabalho_dezembro_cepea\(1\).pdf](https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Relatoriomercadodetrabalho_dezembro_cepea(1).pdf)>. Acesso em 24 maio 2019.

COLE, J. W.; RAMSEY, C. B.; EPLEY, R. H. **Simplified method for predicting pounds of lean in beef carcasses**. Journal of Animal Science, v. 21, n. 2, p. 355-361, 1962.

CONROY, S. B. et al. **The relationship of various muscular and skeletal scores and ultrasound measurements in the live animal, and carcass classification scores with carcass composition and value of bulls**. Livestock Science, v. 127, n. 1, p. 11-21, 2010.

COOK, A. C.; KOHLI, M. L.; DAWSON, W. M. **Relationships of five body measurements to slaughter grade, carcass grade, and dressing percentage in milking shorthorn steers**. Journal of Animal Science, v. 10, n. 2, p. 386-393, 1951.

DE PAULA, N. F. et al. **A. Predicting carcass and body fat composition using biometric measurements of grazing beef cattle**. Journal of Animal Science, v. 91, n. 7, p. 3341-3351, 2013.

DRENNAN, M. J.; MCGEE, M.; KEANE, M. G. **The value of muscular and skeletal scores in the live animal and carcass classification scores as indicators of carcass composition in cattle**. Animal, v. 2, n. 5, p. 752-760, 2008.

FAOSTAT. **Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Statical Pocketbook Word food and agriculture**. 2017 Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QA>. Acesso em: 21 maio 2019.

FEDERATION, **Beef Improvement. Guidelines for uniform beef improvement programs.** Beef Improvement Federation, 9th edition (ed. LV Cundiff, LD Van Vleck and WD Hohenboken), p. 17-25, 2010.

FERNANDES, H. J. et al. **Crescimento de componentes corporais de três grupos genéticos nas fases de recria e terminação.** Revista Brasileira de Zootecnia, v. 34, n. 1, p. 288-296, 2005.

FERNANDES, H. J. et al. **Determination of carcass and body fat compositions of grazing crossbred bulls using body measurements.** Journal of Animal Science, v. 88, n. 4, p. 1442-1453, 2010.

FISHER, A. V. **The accuracy of some body measurements on live beef steers.** Livestock Production Science, v. 2, n. 4, p. 357-366, 1975.

FITZHUGH, H. A. **Animal size and efficiency, with special reference to the breeding female.** Journal of Animal Science, v. 27, n. 3, p. 393-401, 1978.

GERRITS, W. J. et al. **Effect of protein and protein-free energy intake on myofibrillar protein degradation in preruminant calves of 120 and 200 kilograms of live weight.** Journal of Animal Science, v. 76, n. 5, p. 1364-1370, 1998.

GOMES, R. A. et al. **Estimating body weight and body composition of beef cattle through digital image analysis.** Journal of Animal Science, v. 94, n. 12, p. 5414-5422, 2016.

GRION, A. L. et al. **Selection for feed efficiency traits and correlated genetic responses in feed intake and weight gain of Nellore cattle.** Journal of Animal Science, v. 92, n. 3, p. 955-965, 2014.

HANKINS, Orville Gerber; HOWE, Paul E. **Estimation of the composition of beef carcasses and cuts.** US Department of Agriculture, 1946.

HAIR JUNIOR, J. F. et al. **Multivariate data analysis: with readings.** 5. ed. New Jersey: Prentice-Hall, p. 730, 1998.

IRSHAD, A. et al. **Factors influencing carcass composition of livestock: A review.** Journal of Animal Production Advances, v. 3, n. 5, p. 177-186, 2013.

JORGE, A. M. et al. **Características quantitativas da carcaça de bubalinos de três grupos genéticos terminados em confinamento e abatidos em diferentes estádios de maturidade.** Revista Brasileira de Zootecnia, p. 2376-2381, 2005.

JORGE, A. M. et al. **Desempenho produtivo de animais de quatro raças zebuínas, abatidos em três estádios de maturidade. 1. Ganho de peso e de carcaça e eficiência de ganho.** Revista Brasileira de Zootecnia, p. 766-769, 1998.

JORGE, A. M.; VARGAS, A. F. D.; CERVIERI, R. C. **Using real time ultrasound measures in Mediterranean buffaloes bulls to predict beef carcass retail products.** In: World Buffalo Congress. p. 193-194, 2004.

KLOSTERMAN, E. W. **Beef cattle size for maximum efficiency.** Journal of Animal Science, v. 34, n. 5, p. 875-880, 1972.

LAWRENCE, T. L. J.; FOWLER, V. R. **Growth of farm animals.** CAB Int. Wallingford, UK. doi, v. 10, n. 9780851994840.0000, 2002.

LAWRENCE, T. L. J.; FOWLER, V. R.; NOVAKOFSKI, J. E.. **Growth of Farm Animals.** Cabi, 2012.

LEVINE, D. M. et al. **Estatística: Teoria e aplicações.** Rio de Janeiro: LTC, 2011, 5. ed., p. 752.

LONG, R. A. **El sistema de evaluación de Ankony y su aplicación en la mejora del ganado.** Colorado: Ankony Corporation, 1973.

LUCHIARI FILHO, A. **Characterization and prediction of carcass cutability traits of zebu and zebu crossbred types of cattle produced in Southeast Brazil.** Kansas University, 1986.

MADELLA-OLIVEIRA, A. P. et al. **Aspectos da comercialização de carne e leite de bubalinos na região Norte Fluminense.** Revista Brasileira de Reprodução Animal. Belo Horizonte, v.29, n.1, p.53-54, jan./mar. 2005.

MALLOWS, C. L. **Some comments on Cp.** Technometrics, v. 15, p.661-675, 1973.

MALLOWS, C. L. **More comments on Cp.** Technometrics, v. 37, p. 362–372, 1995.

MARCONDES, M. I. et al. **Prediction of physical and chemical body compositions of purebred and crossbred Nellore cattle using the composition of a rib section.** Journal of Animal Science, v. 90, n. 4, p. 1280-1290, 2012.

MAY, S. G. et al. **Using live estimates and ultrasound measurements to predict beef carcass cutability.** Journal of Animal Science, v. 78, n. 5, p. 1255-1261, 2000.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. **Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros.** 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, p. 521. 2012.

MSANGI, B. S. J. et al. **Body measurements as a management tool for crossbred dairy cattle under smallholder farm conditions in Tanzania.** In: Proceedings of the Tanzania Society of Animal Production 26 th Scientific Conference. 1999.

NORTHCUTT, S. L.; WILSON, D. E.; WILLHAM, R. L. **Adjusting weight for body condition score in Angus cows.** Journal of Animal Science, v.70 n.5, 1342-1345, 1992.

OWENS, F. NELLORE; DUBESKI, P.; HANSON, C. F. **Factors that alter the growth and development of ruminants.** Journal of Animal Science, v. 71, n. 11, p. 3138-3150, 1993.

OWENS, Fredric N. et al. **Review of some aspects of growth and development of feedlot cattle.** Journal of Animal Science, v. 73, n. 10, p. 3152-3172, 1995.

PANARETTO, B. A.; TILL, A. R. **Body composition in vivo. 2. The composition of mature goats and its relationship to the antipyrine, tritiated water, and N-acetyl-4-aminoantipyrine spaces.** Australian Journal of Agricultural Research, v. 14, p. 926-943, 1963.

PANI, S. N.; GUHA, S.; BHATTACHARYA, P. **Estimation of body surface area of Indian cattle. III. Body surface area from linear measurements.** Indian Journal of Dairy Science, 1981.

PATHAK, V.; SINGH, V. P.; SANJAY, Y. **Ultrasound as a modern tool for carcass evaluation and meat processing; a review.** International Journal of Meat Science, v. 1, n. 2, p. 83-92, 2011.

POWELL, W. E.; HUFFMAN, D. L. **Predicting chemical composition of beef carcasses from easily obtainable carcass variables.** Journal of Animal Science, v. 36, n. 6, p. 1069-1076, 1973.

SIGNORETTI, R. D.; COELHO DA SILVA, J. F.; VALADARES FILHO, S. D. C. **Composição corporal e exigências líquidas de energia e proteína de bezerros da raça Holandesa alimentados com dietas contendo diferentes níveis de volumoso.** Revista Brasileira de Zootecnia, v. 28, n. 1, p. 195-204, 1999.

SILVA, S. R. et al. **Estimation in vivo of the body and carcass chemical composition of growing lambs by real-time ultrasonography.** Journal of Animal Science, v. 83, n. 2, p. 350-357, 2005.

SOARES, F. S.; DRYDEN, G. McL. **A body condition scoring system for Bali cattle.** Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, v. 24, n. 11, p. 1587-1594, 2011.

SPRINKLE, J. E. et al. **Adipose tissue partitioning of limit-fed beef cattle and beef cattle with ad libitum access to feed differing in adaptation to heat.** Journal of Animal Science, v. 76, n. 3, p. 665-673, 1998.

TARIQ, M. et al. **Body Measurements and Body Condition Scoring as Basis for Estimation of Live Weight in Nili-Ravi Buffaloes.** Pakistan Veterinary Journal, v. 33, n. 3, 2013.

TRENKLE, A.; MARPLE, D. N. **Growth and development of meat animals.** Journal of Animal Science, v. 57, n. suppl_2, p. 273-283, 1983.

USDA, **United States Department of Agriculture . United states standards for grades of feeder cattle.**2000. Disponível em: <https://www.ams.usda.gov/grades-standards/beef/ntt-carcass-documents>: Acesso em 27 maio de 2019.

VALADARES FILHO, S. D. C.; PAULINO, P. V. R.; MAGALHÃES, K. A. **Exigências nutricionais de zebuínos e tabelas de composição de alimentos BR-CORTE.** Viçosa, MG: UFV, Suprema Gráfica Ltda, 2006.

VARGAS, C. A. et al. **Genetic parameters and relationships between hip height and weight in Brahman cattle.** Journal of Animal Science, v. 78, n. 12, p. 3045-3052, 2000.

VAZ, F. N.; RESTLE, J. **Ganho de peso antes e após os sete meses no desenvolvimento e nas características de carcaça e carne de novilhos Charolês abatidos aos dois anos.** Revista Brasileira de Zootecnia, v. 32, n. 3, p. 699-708, 2003.

VÉRAS, A. S. C.; VALADARES FILHO, S. C.; COELHO DA SILVA, J. F. **Composição corporal e requisitos energéticos e protéicos de bovinos Nelore, não-castrados, alimentados com rações contendo diferentes níveis de concentrado.** Revista Brasileira de Zootecnia, v. 29, n. 6, p. 2379-2389, 2000.

ZULU, V. C. et al. **Relationship between body condition score and ultrasonography measurement of subcutaneous fat in dairy cows.** Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, v. 14, n. 6, p. 816-820, 2001.

CAPITULO 2

**PREDIÇÃO DA COMPOSIÇÃO FÍSICA DA CARÇA DE
BUBALINOS A PARTIR DE MEDIDAS BIOMÉTRICAS *IN VIVO* E *POST*
*MORTEM***

Resumo: Objetivou-se com esse estudo avaliar os componentes físicos da carcaça por meio de equações de predição, utilizando como variáveis independentes medidas biométricas realizadas na fazenda, características de carcaça coletadas no frigorífico e o conjunto de ambas, em bubalinos. Foram utilizados 75 machos não castrados (25 de cada raça: Jafarabadi, Mediterrânea e Murrah), com peso vivo e idade média de 314 ± 117 kg e 390 ± 58 dias, respectivamente. Os animais foram confinados em baias coletivas e alimentados de forma *ad libitum* durante 240 dias (28 dias de adaptação e 212 dias de coleta de dados). No início e ao término do experimento foram realizadas avaliações de ultrassonografia (AOL, EGS e EGG) e a cada 28 dias pesagens, determinação da altura da garupa (AG) e escore de condição corporal (ECC). As equações para estimar a composição física da carcaça foram desenvolvidas pelo método de regressão passo a passo (stepwise). As variáveis independentes usadas no desenvolvimento da equação de predição foram: medidas de ultrassom (AOL, EGS e EGP), medidas corporais (PV, AG e ECC) e medidas nas carcaças (comprimento, profundidade e compacidade). As equações foram selecionadas considerando o coeficiente de determinação do modelo (R^2), o erro-padrão de predição (EPP), e a estatística $C_p = \frac{SQR}{\hat{\sigma}^2} + 2p - n$, em que SQR é a soma de quadrados de resíduo, $\hat{\sigma}^2$ é a variância residual, p é o número de parâmetros do modelo, incluindo o intercepto, e n é o número de registros. As equações para prever a composição física da carcaça, utilizando medidas biométricas *in vivo* apresentaram altos coeficientes de determinação de 0,80, 0,67 e 0,83, para tecido muscular, adiposo e ósseo, respectivamente. Foram observados coeficientes de determinação de 0,90 para músculo, 0,70 para gordura e 0,84 para osso, utilizaram-se as variáveis independentes coletadas na carcaça *post mortem*. Coeficientes de determinação altos e positivos também foram observados nas equações de predição, quando utilizamos o conjunto de dados obtidos *in vivo* e *post mortem*, porém foi necessário um número maior de variáveis independentes, quando comparados aos dados coletados apenas *in vivo*. Pode-se concluir que, as equações de predição obtidas a partir de modelos, tanto *in vivo* como *post mortem*, apresentam alta força preditiva e são suficientemente acuradas para serem utilizadas na estimativa dos componentes físicos da carcaça e do corpo vazio de bubalinos.

Palavras chave: Composição física, Jafarabadi, Murrah, Mediterrâneo, Zootecnia de precisão.

**PREDICTION OF THE PHYSICAL COMPOSITION OF THE HOUSING
FROM BIOMETRIC MEASURES IN VIVO AND IN THE HOUSING OF
BUBALINS.**

Abstract: The objective of this study was to evaluate the physical components of the carcass by means of prediction equations, using as independent variables biometric measurements performed on the farm, carcass characteristics collected in the refrigerator and the set of both, in buffaloes. Seventy-five uncastrated males (25 of each race: Jafarabadi, Mediterranean and Murrah) were used, with weight and average age of 314 ± 117 kg and 390 ± 58 days, respectively. The animals were confined in collective bays and fed ad libitum for 240 days (28 days of adaptation and 212 days of data collection). Ultrasonography (longissimus muscle area - LMA, 12th-rib fat thickness - BF and rump fat thickness - RMFT) were performed at the beginning and at the end of the experiment, and at each 28-day weighing, determination of croup height (CH) and body condition score (BCS). The equations to estimate the physical composition of the carcass were developed by the stepwise regression method. The independent variables used in the development of the prediction equation were: ultrasound measurements (longissimus muscle area - LMA, 12th-rib fat thickness - BF and rump fat thickness - RMFT), body measurements (BW, CH and BCS) and measurements on the carcasses (length, depth and compactness). The equations were selected considering the coefficient of determination of the model (R^2), the standard error of prediction (SEP), and the statistic $C_p \left(\frac{SQR}{\hat{\sigma}^2} + 2p - n \right)$, where SQR is the sum of squares of residual, $\hat{\sigma}^2$ is the residual variance, p is the number of model parameters, including the intercept, n is the number of records. The equations to predict the physical composition of the carcass, using in vivo biometric measurements presented high coefficients of determination of 0.80, 0.67 and 0.83, for muscle, adipose and bone tissue, respectively. Determination coefficients were 0.90 for muscle, 0.70 for fat and 0.84 for bone, using the independent variables collected in the post-mortem carcass. High and positive determination coefficients were also observed in the prediction equations when we used the data set obtained in vivo and postmortem, but a larger number of independent variables were required when compared to the data collected only in vivo. We can conclude that the prediction equations obtained from models, both in vivo and postmortem, have high predictive power and are sufficiently accurate to be used in estimating the physical components of the carcass and the empty body of buffaloes.

Keywords: Physical composition, Jafarabadi, Murrah, Mediterranean, Animal husbandry.

1 INTRODUÇÃO

Pesquisas sobre as características de carcaças de bubalinos criados para carne em diferentes condições de manejo, alimentação e ambiência no Brasil são ainda escassas e os resultados existentes, contraditórios necessitando de mais estudos (Jorge et al., 1997).

É crucial para indústria de carne a previsão dos parâmetros de composição da carcaça e a proporção de tecidos importantes, como músculo, gordura e osso. A proporção desses tecidos pode ser alterada por vários fatores, incluindo idade, peso, raça, sexo ou nutrição (Berg & Butterfield, 1968). Nesse sentido, é importante que estejam disponíveis para produtores e pesquisadores, métodos rápidos, eficientes, precisos e econômicos para estimar a composição física da carcaça e de seus cortes (Hankins & Howe, 1946).

A utilização de metodologias que não impliquem necessariamente no abate do animal para a coleta de dados apresentam inúmeras vantagens, destacando-se a possibilidade de repetição no mesmo animal em caso de dúvida e a redução dos custos com mão-de-obra e prejuízos ocasionados pela depreciação da carcaça (Marcondes et al., 2012).

Fernandes et al. (2010) descobriram que combinações de diferentes medidas biométricas obtidas *in vivo* ou *post mortem* podem ser uma ferramenta para estimar quantidades físicas e químicas de gordura na carcaça e corpo de touros em pastejo.

Gresham et al. (1986) relatou alta correlação de peso de corpo vazio e circunferência corporal com gordura física da carcaça de bovinos. De Paula et al. (2013) desenvolveram equações de predição utilizando medidas biométricas e obtiveram resultados satisfatórios utilizando como variáveis independentes volume corporal, gordura subcutânea, gordura corporal e gordura visceral.

Neste mesmo sentido, Müller (1987) aponta que o comprimento de carcaça está altamente correlacionado com o peso de carcaça e peso dos cortes de maior valor econômico e, em carcaças de comprimento e acabamento semelhantes, as de maior peso apresentam melhor conformação e, melhor proporção da parte comestível/osso.

Desta forma, objetivou-se com esse estudo estimar os componentes físicos da carcaça por meio de equações de predição, utilizando como variáveis independentes medidas morfométricas realizadas na fazenda, características de carcaça coletadas no frigorífico e o conjunto de ambas, em bubalinos de três grupos genéticos (Jafarabadi, Murrah e Mediterrâneo), em regime de confinamento.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O manejo e os procedimentos com os animais foram conduzidos de acordo com os princípios éticos na experimentação animal determinados pela Comissão de Ética em Uso de Animais da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – Universidade Estadual Paulista – FMVZ – UNESP, Botucatu/SP, Brasil, sob o protocolo n° 05/2015 - CEUA.

2.1 Local, condições climáticas, animais, instalações e período experimental.

O experimento foi realizado durante os meses de junho de 2017 a fevereiro de 2018, no Centro de Pesquisas Tropicais em Bubalinos (CPTB), da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FMVZ), Campus de Botucatu, centro do Estado de São Paulo, com altitude média de 786 metros, situada a 22°53'09" de latitude Sul, 48°26'42" de longitude Oeste, o clima segundo Köppen, é classificado como subtropical úmido, com temperatura e pluviosidade médias de 22,5° C e 1.735 mm.

Foram utilizados 75 bubalinos (*Bubalus bubalis*) machos não-castrados, com idade e peso vivo iniciais de 13 meses \pm 58 dias e 314 \pm 117 kg, respectivamente. Os animais eram contemporâneos, oriundos de rebanhos comerciais de corte e constituído por três grupos genéticos: Jafarabadi, Mediterrâneo e Murrah (25 animais de cada raça).

Ao chegarem ao centro de pesquisa, os animais foram identificados individualmente por meio de brincos eletrônicos, separados de acordo com a raça e alojados em baias coletivas (25 animais de cada raça/baia) com dimensões de 896 m² cada (35,84 m²/animal). Cada baia foi equipada com 04 unidades de cochos eletrônicos e bebedouro-balança do sistema Intergado® (Minas Gerais, Brasil) para possibilitar a coleta de dados individuais de consumo de matéria seca (CMS) e água. A linha de cocho era formada de piso de concreto e cobertura metálica contínua revestida com pintura branca. O restante da baia era composto de terra batida com área central de 64 m² coberta por tela de sombrite (2,56 m²/animal) no sentido transversal.

O período de adaptação dos animais teve duração de 28 dias, com fornecimento de dieta *ad libitum*. Após o período de adaptação, foram abatidos, de forma aleatória, quatro animais provenientes de cada raça, denominados de “linha base”, com a finalidade de determinar a composição físico-química do corpo e os pesos de corpo vazio inicial (PCVZ).

Para cada grupo genético, à medida que um animal atingia o peso de abate, o animal do grupo mantença mais semelhante a ele quanto ao peso e à condição corporal, no início do período experimental, também era abatido.

2.2 Dieta

Para a formulação da dieta, utilizou-se o programa NRC (2000) nível 02, que baseia-se em simulação ruminal, para animais não castrados em crescimento, e a relação volumoso: concentrado foi de 30:70. Essa relação foi utilizada para proporcionar consumo máximo para ganho médio aproximado de 1,4 kg/dia, respeitando a particularidade da espécie quanto à inclusão de concentrado na dieta. A composição e as características nutricionais da dieta são apresentadas na Tabela 01.

Os animais foram alimentados três vezes ao dia, às 06h, 11h e 18h, sendo 20% do total fornecido no período da manhã, 25% do total fornecido no meio do dia e o restante (55%) no período da tarde. O fornecimento foi calculado para que houvesse sobras de 05 a 10%, permitindo o consumo *ad libitum* da ração, bem como da água.

Amostras diárias da dieta ofertada e das sobras foram coletadas e submetidas à análise bromatológicas. As alíquotas eram secas em estufas de ventilação forçada à temperatura de 55°C por 72 horas e moídas em moinhos tipo Willey com peneira de crivos de 01 mm. Posteriormente, foram realizadas as análises para obtenção dos teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina de acordo com a metodologia descrita por AOAC (1990), e fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína (FDNcp) de acordo com Van Soest et al. (1991) e adaptado por Mertens (2002). O cálculo dos nutrientes digestíveis totais (NDT) foi estimado segundo Weiss (1999) utilizando a equação: $NDT = 0,98 \times (100 - FDNcp - PB - MM - EE - 1) + 0,93 \times PB + 2,25 \times EE + 0,75 \times (FDNcp - \text{lignina}) \times [1 - (\text{lignina} / FDNcp)^{0,667}] - 7$. Os valores de todas as análises foram corrigidos para 100% de matéria seca (MS) e efetuadas no Laboratório de Bromatologia do Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, da Universidade “Júlio de Mesquita Filho” (FMVZ – UNESP), Botucatu.

Tabela 1: Composição percentual dos ingredientes e características nutricionais da dieta.

Ingredientes	% Matéria Seca
Silagem de Milho	30,07
Quirera de milho	53,19
Farelo de algodão	12,99
Ureia	0,76
Calcário Calcítico	0,75
Sal Mineral ¹	2,24
Nutrientes	
Matéria Seca %	55,00
Proteína Bruta	14,70
Energia Metabolizável Mcal/kg	2,66
Fibra em Detergente Neutro	29,10
Carboidratos Não Fibrosos	49,00
Extrato Etéreo	3,30
Cálcio	0,60
Fosforo	0,45

Composição do Sal Mineral (kg do produto) 180g Ca, 80g P, 5g Mg, 17g S, 140g Na, 215 g Cl, 12mg Se, 650mg Cu, 826 mg Fe, 2400 mg Zn, 1500 mg Mn, 150 mg I, 80 mg Co, 900 mg Fl, 440 mg de monensina.

2.3 Metodologia de coleta de dados de ultrassom.

Para a captura das imagens de ultrassom (área de olho de lombo - AOL; espessura de gordura subcutânea - EGS e espessura de gordura sobre o músculo *Biceps femoris* - EGG), os animais foram contidos e a superfície de análise foi preparada por meio da tricotomia e limpeza, assim como, utilizou-se óleo vegetal como acoplante acústico. As medidas de AOL e EGS foram obtidas entre a 12^a e 13^a costelas na região do músculo *Longissimus dorsi*, e a EGG entre os músculos *Gluteus medius* e *Biceps femoris*, de acordo com a metodologia descrita por Herring et al. (1994). Foi utilizado equipamento ALOKA SSD500 de uso veterinário, com sonda linear de 17,2 cm, frequência de 3,5 MHz e guia acústica acoplada para melhor adaptação à anatomia do animal. Posteriormente, as imagens foram analisadas no programa Image J (National Institutes of Health, Bethesda, MD, USA).

2.4 Manejo e coleta de dados *in vivo*.

A duração do período experimental não foi pré-fixada, uma vez que os animais seriam abatidos assim que atingissem os pesos pré-estabelecidos de 420, 480 ou 540 kg PV. As pesagens foram realizadas em balança eletrônica digital marca AÇORES®, SP 25000/AP, com precisão de um quilo, os animais foram submetidos a jejum de sólidos por 16 horas, assim obtendo o peso vivo em jejum (PVJ). Para obtenção do peso de corpo vazio foi realizado equações distintas para cada grupo genético, sendo: Jafarabadi

$PCVZ = 0,9021 * PVJ$; Mediterrâneo $PCVZ = 0,8841 * PVJ$; Murrah $PCVZ = 0,8951 * PVJ$ (NARCISO et al., 2017). À medida que se aproximavam do peso de abate pré-estabelecido, eram pesado em intervalos menores, para que fossem abatidos com o peso previsto.

Concomitantemente foi medida a altura de garupa em cm (AG), realizada com auxílio de fita métrica, que corresponde a distancia entre o ponto médio da articulação tarso-metatarsiana e o bordo anterior da sínfise ísquio-pubiana. Foi avaliado o escore de condição corporal (ECC), obtido mediante avaliação visual e tátil (palpação) do animal, segundo a metodologia de SPITZER (1986), em escala de 1 a 9 pontos.

2.5 Abate e coleta de dados *post mortem*

O abate dos animais foi humanitário, em frigorífico comercial, localizado a 96 km do centro de pesquisas, obedecendo ao fluxo operacional do estabelecimento, e seguiram os Regulamentos de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (Brasil, 1997). Antes do abate, foi adotado jejum de sólidos por aproximadamente 16 horas com acesso *ad libitum* à água.

Após a insensibilização do animal o sangue foi coletado por meio de secção da veia jugular, seguindo-se de esfolia, evisceração e separação simétrica das duas metades da carcaça. O trato gastrointestinal (TGI) de cada animal foi pesado cheio, esvaziado, lavado e pesado após escorrer a água de lavagem. Este peso foi somado aos demais órgãos e outras partes do corpo para determinar o peso do corpo vazio (PCVZ) (GARRETT e HINMAN, 1969; LOFGREEN et al., 1962).

Regressões lineares entre o PCVZ inicial e PVJ inicial dos animais da linha base, de cada grupo genético, foram determinadas para estimar o PCVZ inicial dos animais remanescentes (NARCISO et al., 2017)

Após o abate e procedimentos normais subsequentes, as metades das carcaças foram identificadas, pesadas para obtenção do peso de carcaça quente (PCQ), e

resfriadas em câmara fria ($T = 0 \pm 2^\circ\text{C}$) por 24 horas. Decorridas às 24 horas, as metades esquerda de cada carcaça foram pesadas individualmente para a obtenção do peso de carcaça fria (PCF). Foram realizadas mensurações nas carcaças com auxílio de fitas métricas, sendo: comprimento da carcaça em cm (CompCar), medido pela distância entre o bordo anterior da sínfise ísquio pubiana e o bordo anterior da primeira costela em seu ponto médio; a profundidade interna do peito em cm (ProfCar) medida na região entre o dorso e o osso esterno (região caudal), de cada carcaça; e o índice de compacidade (ICC) ($\text{ICC} = \text{PCF}/\text{CompCar}$).

2.6 Análise estatística

Foi realizado um fatorial 3X3, sendo três grupos genéticos (Jafarabadi, Mediterrâneo e Murrah), abatidos com 420, 480 e 540 kg de peso vivo.

As equações para estimar a composição física da carcaça foram desenvolvidas pelo método de regressão passo a passo (*stepwise*). As variáveis independentes usadas no desenvolvimento da equação de predição foram: medidas de ultrassom (AOL, EGS e EGP), medidas corporais (PV, AG e ECC) e medidas nas carcaças (comprimento, profundidade e compacidade). As equações foram selecionadas considerando o coeficiente de determinação do modelo (R^2), o erro-padrão de predição (EPP), e a estatística C_p $\left(\frac{SQR}{\hat{\sigma}^2} + 2p - n\right)$, em que SQR é a soma de quadrados de resíduo, $\hat{\sigma}^2$ é a variância residual, p é o número de parâmetros do modelo, incluindo o intercepto, e n é o número de registros. De acordo com MacNeil (1983), o C_p relaciona o R^2 e a variância residual, e é um critério de escolha de equações mais adequado que somente o R^2 , permitindo a identificação de subconjuntos ótimos quando valores de C_p se aproximam de p , com p mínimo (quanto menor o C_p , melhor a equação). As análises estatísticas foram realizadas por meio do programa SAS (1990).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não se observou efeitos dos grupos genéticos e pesos de abate para as características estudadas. Inicialmente, medidas ultrassonográficas (AOL, EGS e EGG) e ECC, foram incorporadas ao modelo de predição para calcular a composição física da carcaça, mas não foram significativas ($P > 0,05$), sendo assim retiradas do modelo. Os resultados e as equações obtidos através das medidas biométricas coletadas na fazenda estão apresentados na Tabela 02.

Tabela 02: Equações de regressão simples e múltipla para predição da composição física do corpo vazio, obtidos através de medidas biométricas *in vivo* coletadas na fazenda.

Variáveis dependentes	Nº	Variáveis Independentes	RMSE ¹	Intercepto	Estimador	R ²	C _p ²
Musculo, kg	75	PCVZ	5,057	2,979	0,144	0,80	2,739
Gordura, kg	75	PCVZ	2,558	20,644	0,063	0,59	18,861
		AG			-26,867	0,67	3,000
Osso, kg	75	AG	1,321	-23,013	26,137	0,69	63,575
		PCVZ			0,023	0,83	3,000

PCVZ: Peso de corpo vazio (kg); AG: Altura de garupa (cm), RMSPE = Erro médio quadrático previsto como kg; C_p² = Estatísticas C_p de Mallows.

Os resultados presentes na Tabela 02 indica que o peso de corpo vazio é suficiente para estimar a quantidade em kg de tecido muscular, apresentando coeficiente de determinação de 0,80. Utilizando uma única variável independente para estimar a quantidade de gordura em kg da carcaça, o peso de corpo vazio apresentou coeficiente de determinação de 0,59, porém o C_p apresentou-se alto (18.861). Adicionando a variável independente altura de garupa na equação, tem-se uma melhora significativa no coeficiente de determinação de 0,67, e o C_p regride para 3,00, mostrando boa acurácia na equação. Mader et al. (2006) relatam que uma variável independente deve ser incluída no modelo somente se sua adição produzir um aumento de 0,01 no R² total.

Nota-se que, adicionando a altura de garupa na equação, para estimar a quantidade de gordura em kg, o estimador encontra-se negativo (-26,867), indicando que, animais de *frame size* reduzido atingem a maturidade fisiológica com menor peso e com elevado teor de tecido adiposo na carcaça, quando comparados aos animais de *frame size* superior. Observação semelhante foi previamente relatada em um estudo realizado por Welegedara (2013), no qual o autor demonstra que os animais de *frame size* elevados apresentaram maiores pesos de carcaça e tecidos de maturação tardia, comprovando que, os diferentes tecidos corporais possuem padrões de crescimento distintos.

A altura de garupa é mensurada em bovinos com a finalidade de conhecer o crescimento esquelético dos animais. Esta característica está correlacionada às

exigências de manutenção em função do peso adulto, e ao *frame size* dos animais (Farjalla, 2009).

Para a estimativa da quantidade de tecido ósseo em kg, foram utilizadas duas variáveis, obtendo coeficiente de determinação de 0,69 quando apenas a altura de garupa foi utilizada no modelo, incluindo o peso de corpo vazio no modelo o coeficiente de determinação aumentou 14% passando a 0,83.

A precisão das equações utilizadas para predição da composição física da carcaça a partir de medições morfométricas é de relevância econômica para a pecuária, no qual auxiliara os produtores a tomar decisões, propiciando melhoras na produtividade como, alimentação e reprodução.

Os resultados para predizer a composição física da carcaça, obtidos através dos dados coletados no frigorífico (Tabela 03), apresentaram altos coeficientes de determinação. Para estimar a quantidade de tecido muscular, foram utilizadas cinco variáveis independentes, sendo: peso de carcaça fria, comprimento de carcaça, profundidade de carcaça, peso de carcaça quente e índice de compactidade (PCF, CompCar, ProfCarc, PCQ e ICC). Quando uma única variável independente foi utilizada na equação (PCF) obtemos alto coeficiente de determinação 0,86, porém o Cp (MALLOWS, 1973) apresentou-se alto (25,017), conforme foram acrescentadas as variáveis independentes CompCar, ProfCarc, PCQ e IC à equação, obteve-se um melhor coeficiente de determinação 0,90, e o Cp diminuiu para 5,502, mostrando boa acurácia na equação. Embora existam discrepâncias sobre quais medidas devem ser utilizadas, a acurácia da predição tem sido geralmente alta, especialmente quando mais de uma medida for considerada (Khalil & Vaccaro, 2002).

Tabela 03: Equações de regressão simples e múltipla para predição da composição física do corpo vazio, obtidos através de dados coletados no frigorífico.

Variáveis dependentes	Nº	Variáveis Independentes	RMSE ¹	Intercepto	Estimador	R ²	C _p ²
Músculo, kg	75	PCF	3,677	140,480	0,562	0,86	25,017
		CompCar			-128,148	0,86	26,877
		ProfCar			38,504	0,88	16,379
		PCQ			0,341	0,89	6,562
		ICC			-0,735	0,90	5,502
Gordura, kg		ICC	2,435	-9,238	0,146	0,63	14,589
		ProfCar			-9,648	0,65	12,358
		EGS			0,338	0,70	1,170
Osso, kg		CompCar	1,311	-35,252	36,193	0,80	16,761
		ICC			0,040	0,82	10,365
		ProfCar			7,191	0,83	5,820
		EGS			-0,097	0,84	4,155

PFC: Peso de carcaça fria (kg); CompCar: Comprimento de carcaça (cm); ProfCar: Profundidade de carcaça (cm); PCQ: Peso de carcaça quente (kg); ICC: Índice de compacidade; EGS: Espessura de gordura subcutânea (cm); RMSPE = Erro médio quadrático previsto como kg; C_p² = Estatísticas C_p de Mallows.

Os resultados referentes às equações para a predição do tecido adiposo apresentaram coeficiente de determinação (R²= 0,70), utilizando como variáveis independentes o índice de compacidade, profundidade de carcaça e espessura de gordura subcutânea. Peron et al. (1993) verificaram altos coeficientes de determinação para a estimativa dos conteúdos de gordura corporais em função da gravidade específica da seção HH (0,80) e da carcaça integral (0,74). A gordura é o tecido mais variável da carcaça, não somente em proporção, mas também em regiões que são depositados, variando amplamente durante o desenvolvimento animal. À medida que a percentagem de tecido adiposo aumenta, há uma diminuição da percentagem de tecido muscular. (Berg & Buterfield, 1979; Tedeschi et al. 2013). Segundo McIntyre (1994) a espessura de gordura da carcaça está associada à qualidade da carcaça, na medida em que protege a carne contra o enrijecimento provocado pela desidratação e pelo resfriamento. Silva et

al. (2004), discorrem que a espessura de gordura da carcaça esta positivamente correlacionada ao total de gordura corporal e negativamente à porcentagem de cortes desossados.

Coefficiente de determinação ($R^2=0,80$) foi observado para estimar a composição óssea da carcaça quando apenas uma variável independente foi utilizada na equação (CompCar), acrescentando outras variáveis independentes na equação ICC, ProfCar e EGS, obtivemos coeficientes de determinação de 82%, 83% e 84%, respectivamente, nota-se que conforme são acrescentadas novas variáveis, além do R^2 melhorar, os valores de Cp diminui de 16,761 para 4,155, mostrando boa acurácia da equação.

Segundo Hammond (1932), o tamanho do osso e sua forma (dimensões) são os fatores determinantes do tamanho e da forma do músculo, o que está de acordo com a sugestão de Stewart (1972) de que o desenvolvimento do tecido ósseo e o peso do músculo podem não ser independentes. Assim, o desenvolvimento do músculo segue o desenvolvimento do tecido ósseo. Estas conclusões foram confirmadas pelo estudo de Shahin & Berg (1987), em que os coeficientes de crescimento dos grupos de músculos, com exceção da parte distal dos membros, indicaram que os músculos dos bovinos aumentaram em peso proporcionalmente ao osso. Wythe et al. (1961) demonstrou relação alta e positiva entre a espessura do tecido ósseo e cortes desossados. Woodward et al. (1959) correlaciona positivamente o peso do tecido ósseo a quantidade (kg) de tecido muscular.

Os resultados referentes às equações para a predição dos componentes físicos da carcaça a partir das medidas biométricas obtidas na fazenda *in vivo* em conjunto com as características da carcaça coletadas no frigorífico *post mortem* estão apresentados na Tabela 04. No geral, coeficientes de determinação mais altos foram obtidos quando associados às medidas *in vivo* e *post mortem*, do que comparados isoladamente. Obtiveram-se coeficientes de determinação altos e positivos de 91%, 74% e 87%, para tecido muscular, adiposo e tecido ósseo, respectivamente, porém, foi utilizado um número maior de variáveis independentes, quando comparados aos resultados coletados na fazenda *in vivo* (Tabela 02). Tendo em vista que as medidas *in vivo* demonstraram um grande potencial para predizer a composição física da carcaça, pode ser usada como uma ferramenta para a decisão de comercialização dos animais para abate, estimando-se o peso e a porção comestível a priori, é possível adotar modelos de remuneração baseado no mérito individual do animal.

Tabela 04: Equações de regressão simples e múltipla para predição da composição física do corpo vazio, obtidos através de dados obtidos *in vivo* no frigorífico.

Variáveis dependentes	Nº	Variáveis Independentes	RMSE ¹	Intercepto	Estimador	R ²	C _p ²
Músculo, kg	75	PCVZ	3,448	16,166	-0,042	0,80	83,469
		PCF			0,211	0,86	39,043
		ProfCar			49,309	0,88	27,360
		PCQ			0,210	0,89	16,513
		AG			-35,570	0,91	4,864
Gordura, kg	75	PCVZ	2,151	29,471	0,070	0,59	51,645
		CompCar			-33,716	0,71	16,272
		EGS			0,285	0,75	5,820
		ProfCar			-11,080	0,77	2,568
Osso, kg	75	CompCar	1,181	-34,261	20,380	0,80	35,737
		AG			18,356	0,85	9,199
		PCVZ			0,011	0,87	2,218

PCVZ: Peso de corpo vazio (kg); PCF: Peso de carcaça fria (kg); ProfCar: Profundidade de carcaça (cm); PCQ: Peso de carcaça quente (kg); AG: Altura de garupa (cm); CompCar: Comprimento de carcaça (cm); EGS: Espessura de gordura subcutânea (cm); RMSPE = Erro médio quadrático previsto como kg; C_p² = Estatísticas C_p de Mallows.

4 CONCLUSÃO

A partir dos resultados, pode-se concluir que, as equações de predição obtidas a partir de modelos, tanto *in vivo* como *post mortem*, apresentam alta força preditiva e são suficientemente eficazes para serem utilizadas na estimativa dos componentes físicos da carcaça e do corpo vazio de bubalinos.

As equações realizadas com medidas biométricas coletadas na fazenda apresentaram boa precisão, no entanto, menores quando comparadas às equações realizadas com os dados coletados no frigorífico e frigorífico+fazenda. Esses resultados mostram que o produtor consegue pré-determinar os componentes físicos da carcaça de bubalinos com eficiência, porém se conciliar ambos os dados, a margem de erro das equações diminui. As equações realizadas com as variáveis independentes coletadas no frigorífico, permite ao estabelecimento definir quais carcaças apresentarão melhores rendimentos das partes comestíveis.

5.REFERÊNCIAS

Berg, R. T., & Butterfield, R. M. (1968). Growth patterns of bovine muscle, fat and bone. *Journal of Animal Science*, 27(3), 611-619.

Brasil. (1997). Ministério da agricultura, Pecuária e Abastecimento, Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal [Food of animal origin sanitary and industry inspection]. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasil.

De Paula, N. F., L. O. Tedeschi, M. F. Paulino, H. J. Fernandes, and M. A. Fonseca. 2013. Predicting carcass and body fat composition using biometric measurements of grazing beef cattle¹. *Journal Animal Science*. 91:3341-3351. doi:10.2527/jas.2012-5233.

Cartwright, T. C. (1979). Size as a component of beef production efficiency: cow-calf production. *Journal of Animal Science*, 48(4), 974-980.

FAOSTAT. (2017). Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Statical Pocketbook Word food and agriculture. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QA>. Acesso em: 21/05/2019.

Fernandes, H. J., L. O. Tedeschi, M. F. Paulino, and L. M. Paiva. (2010). Determination of carcass and body fat compositions of grazing crossbred bulls using body measurements¹. *Journal of Animal Science*. 88:1442-1453. doi:10.2527/jas.2009-1919.

Farjalla, Y. B. (2009). Desempenho, características de carcaça e qualidade de carne de bovinos Nelore estratificados pela eficiência alimentar através do consumo alimentar residual. 57 p. Doctoral dissertation, (Master of Animal Science and Pastures) Piracicaba: University of São Paulo.

Garrett, W. N., & Hinman, N. (1969). Re-evaluation of the relationship between carcass density and body composition of beef steers. *Journal of Animal Science*, 28(1), 1-5.

Gresham, J. D., Holloway, J. W., Butts Jr, W. T., & McCurley, J. R. (1986). Prediction of mature cow carcass composition from live animal measurements. *Journal of Animal Science*, 63(4), 1041-1048.

Hammond, J. (1932). Growth and the development of mutton qualities in the sheep. A survey of the problems involved in meat production. Growth and the development of mutton qualities in the sheep. A survey of the problems involved in meat production.

Hankins, O. G., & Howe, P. E. (1946). Estimation of the composition of beef carcasses and cuts (No. 926). US Department of Agriculture.

Herring, W. O., Miller, D. C., Bertrand, J. K., & Benyshek, L. L. (1994). Evaluation of machine, technician, and interpreter effects on ultrasonic measures of backfat and longissimus muscle area in beef cattle. *Journal of Animal Science*, 72(9), 2216-2226.

Jorge, A. M., & de Lima, C. (2011). Cadeia produtiva da carne de buffalo. Visão da Universidade. In II Simposio da cadeia produtiva da Bubalinocultura (p. 1).

Jorge, A. M., Fontes, C. D. A., Freitas, J. D., Soares, J. E., Rodrigues, L. R., Resende, F. D., & Queiroz, A. D. (1997). Rendimento de carcaça e de cortes básicos de bovinos e bubalinos, abatidos em diferentes estádios de maturidade. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 26(5), 1048-1054.

Khalil, R., & Vaccaro, L. (2002). Body weights and measurements in dual purpose cows: their interrelation and association with genetic merit for three production traits.

Lofgreen, G. P., Hull, J. L., & Otagaki, K. K. (1962). Estimation of empty body weight of beef cattle. *Journal of Animal Science*, 21(1), 20-24.

Mader, T. L., Davis, M. S., & Brown-Brandl, T. (2006). Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, 84(3), 712-719.

Magalhães, A. L. R., Campos, J. M. S., Cabral, L. S., Mello, R., Freitas, J. A., Torres, R. A., ... & Assis, A. J. (2006). Cana-de-açúcar em substituição à silagem de milho em dietas para vacas em lactação: parâmetros digestivos e ruminais. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35(2), 591-599.

Mallows, C. L. (1973). Some comments on C p. *Technometrics*, 15(4), 661-675. Doi:10.2307/1267380.

Marcondes, M. I., Tedeschi, L. O., Valadares Filho, S. C., & Chizzotti, M. L. (2012). Prediction of physical and chemical body compositions of purebred and crossbred Nellore cattle using the composition of a rib section. *Journal of Animal Science*, 90(4), 1280-1290.

McIntyre, B. L. (1994). Carcase measurements and treatments. In *Proceedings-Australian Society Of Animal Production* . Australian Society Of Animal Production. 20. 37-37.

Muller, L. (1987). Normas para avaliação de carcaças e concurso de carcaças de novilhos. Santa Maria: UFSM, Imprensa Universitária, 31.

Narciso, M. H. P. M., Jorge, A. M., Castilhos, A. M., Francisco, C. L., Aranha, A. S. (2017). Estimativa do peso do corpo vazio de três grupos genéticos de bubalinos. XXVIII Congresso de iniciação científica da Unesp.

Peron, A. J., Fontes, C. A. A., Lana, R. P., Queiroz, A. C., Silva, D. J., & Freitas, J. A. (1993). Predição da composição corporal e da carcaça de bovinos através de métodos indiretos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 22(2), 227-237.

Shahin, K. A., & Berg, R. T. (1987). Influence of bone growth on muscle growth and bone-muscle relationships in double-muscled and normal cattle. *Animal Science*, 44(2), 219-225.

Spitzer, J. C. Influences of nutrition on reproduction in beef cattle. (1986) In: MORROW, D. A. (Ed.). *Current therapy in Theriogenology*. 2. ed. Philadelphia: W. B. Saunders,. 231-234.

Stewart, D. M. (1972). The role of tension in muscle growth. *Regulation of organ and tissue growth*, 77-100.

Welegedara, N. P. Y. (2013). *Energetics of carcass muscle and fat growth of composite types at different harvest times*. University of Alberta (Canada).

Woodward, R. R. (1959). Relationships between measures of performance, body form, and carcass quality of beef cattle. *MT Agr. Exp. Sta. Bull.* 550.

Wythe Jr, L. D., Orts, F. A., & King, G. T. (1961). Bone-muscle relationships in beef carcasses. *Journal of Animal Science*, 20, 3-5.

CAPÍTULO 3

IMPLICAÇÕES

Para complementar os dados obtidos nesse trabalho, faz-se necessário à validação das equações aqui apresentados.

Será de grande valia a realização de estudos semelhantes envolvendo animais em diferentes condições sexuais, diferentes sistemas de criação, dietas com diferentes relações concentrado e volumoso, bem como levar em consideração a análise econômica objetivando comparar custos de produção entre animais terminados em diferentes sistemas; visando a transferência de tecnologia a pecuaristas e conseqüentemente alavancando a cadeia bubalina como um todo, já que são reduzidos os trabalhos nesse sentido.